

Complementaridade: Arquitetura, Engenharia e Construção

MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2018

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)

Complementaridade: Arquitetura, Engenharia e Construção

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
---	--

C737	Complementaridade [recurso eletrônico]: arquitetura, engenharia e construção / Organizadora Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.
------	--

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-41-3

DOI 10.22533/at.ed.413182609

1. Arquitetura. 2. Construção civil. 3. Engenharia. I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Título.

CDD 728

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Esta edição de Complementaridade Arquitetura, Engenharia e Construção foi elaborada visando proporcionar aos seus leitores acesso a diferentes estudos que enfatizam a importância da adoção de práticas construtivas e de gestão adequadas na área de Arquitetura, Engenharia e Construção que proporcionem melhoria na qualidade de vida das pessoas, maior eficiência no uso dos recursos naturais e menor impacto ambiental.

Neste contexto, o conforto ambiental das construções, em especial o conforto térmico, é assunto de diferentes estudos, por estar diretamente ligado com a qualidade de vida das pessoas. A importância da utilização de materiais e técnicas construtivas que possibilitem um adequado conforto ambiental nas edificações é destacada nos estudos aqui apresentados possibilitando a todos os leitores uma visão mais abrangente acerca do tema.

Também merece destaque nesta edição as ações voltadas para o desenvolvimento de técnicas que visem um crescimento sustentável, em especial às relacionadas com a gestão dos resíduos da construção civil. A indústria da construção civil é considerada o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Além dos impactos relacionados ao consumo de matéria e energia, há aqueles associados à geração de resíduos, em especial os resíduos sólidos. O reuso de materiais tem sido cada vez mais explorado pelos pesquisadores devido ao potencial de contribuição na preservação do meio ambiente. Nesta edição são apresentados estudos acerca dos compósitos de cimento-madeira a partir do reaproveitamento dos resíduos de madeira resultantes das atividades do setor de construção civil.

Por fim, são apresentados estudos relacionados com a gestão organizacional, gestão de projetos, as responsabilidades dos profissionais envolvidos na construção civil, bem como sobre a implementação do *Building Information Modeling* (BIM), enfatizando a necessidade de busca constante do segmento de Arquitetura, Engenharia e Construção por melhores resultados em termos de qualidade, custo e tempo de execução.

Com base nestes estudos, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos nos diversos temas que envolvem a área de Arquitetura, Engenharia e Construção.

Boa leitura.

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A TRANSFORMAÇÃO DA FACHADA NA TIPOLOGIA CONSTRUTIVA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS VERTICAIS EM VITÓRIA-ES E SUA RELAÇÃO COM O CONFORTO AMBIENTAL	
<i>Ricardo Nacari Maioli</i>	
<i>Maria Cláudia de Souza Lemos Soares Brandão Barros</i>	
<i>Joana D arc Pereira de Barros</i>	
<i>Isabela Finochi Fernandes Moça</i>	
<i>Igor Mattioli Coninck</i>	
<i>Érica Coelho Pagel</i>	
CAPÍTULO 2	15
AVALIAÇÃO DA SENSAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO DO USUÁRIO DE UMA HABITAÇÃO FAIXA 1 DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA NA CIDADE DE PELOTAS-RS: ESTUDO DE CASO DO RESIDENCIAL JARDINS DO OBELISCO	
<i>Jones Vieira Pinto</i>	
<i>Antônio Cesar Silveira Baptista da Silva</i>	
<i>Nirce Saffer Medvedovski</i>	
CAPÍTULO 3	29
INFLUÊNCIA DO CONFORTO TÉRMICO NA SAÚDE DOS IDOSOS: ESTUDO DE CASO EM UNIDADES HABITACIONAIS DO RESIDENCIAL AGRESTE – ARAPIRACA-AL	
<i>Esteffany Rafaelly Santos Rodrigues</i>	
<i>Maria Jailza da Silva</i>	
<i>Nathália Kariany de Souza</i>	
<i>Ricardo Victor Rodrigues Barbosa</i>	
CAPÍTULO 4	43
INFLUENCIA DA DETERIORIZAÇÃO DAS TELHAS PELA AÇÃO DAS INTEMPÉRIES NO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO	
<i>Kellen Melo Dorileo Louzich</i>	
<i>Emeli Lalesca da Guarda</i>	
<i>Ivan Júlio Apolônio Callejas</i>	
<i>Luciane Cleonice Durante</i>	
<i>Karyna Andrade Carvalho Rosseti</i>	
CAPÍTULO 5	56
A PRESERVAÇÃO DA ESTRUTURA EM ARGASSA ARMADA DO CRISTO REDENTOR: DIAGNÓSTICO	
<i>Maria Cristina Ventura</i>	
CAPÍTULO 6	73
ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS DE MADEIRA, PROVENIENTES DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO, UTILIZANDO O GESSO COMO AGLOMERANTE	
<i>Tháisa Mariana Santiago Rocha</i>	
<i>Leonardo Fagundes Rosembach Miranda</i>	
<i>Carlos Frederico Alice Parchen</i>	
<i>Lara Biancato Ruhnke</i>	
<i>Paolo Pires de Lima</i>	

CAPÍTULO 7	87
INFLUÊNCIA DE ADITIVOS ACELERADORES DE PEGA NAS PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO DE COMPÓSITOS DE CIMENTO E RESÍDUOS DE MADEIRA DE CONSTRUÇÃO	
<i>Tháisa Mariana Santiago Rocha</i>	
<i>Leonardo Fagundes Rosembach Miranda</i>	
<i>Carlos Frederico Alice Parchen</i>	
<i>Paolo Pires de Lima</i>	
<i>Lara Biancato Ruhnke</i>	
CAPÍTULO 8	101
ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ORGANIZACIONAIS DAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	
<i>Felipe Teixeira</i>	
<i>Alfredo Iarozinski Neto</i>	
CAPÍTULO 9	111
GESTÃO DE RISCOS E RISCOS DE GESTÃO EM PROJETOS INDUSTRIAIS: ESTUDOS DE CASO	
<i>Tássia Farssura Lima da Silva</i>	
<i>Silvio Burratino Melhado</i>	
CAPÍTULO 10	124
INTEGRAÇÃO DO BIM NO CURRÍCULO DO CURSO DE EDIFICAÇÕES	
<i>Josyanne Pinto Giesta</i>	
<i>Gilda Lucia Bakker Batista de Menezes</i>	
<i>Alfredo Costa Neto</i>	
CAPÍTULO 11	134
ANÁLISE DE JURISPRUDÊNCIAS RELACIONADAS À CONSTRUÇÃO CIVIL ¹	
<i>Marcelo Fabiano Costella</i>	
<i>Cláudio Alcides Jacoski</i>	
<i>Nicael William Martini</i>	
<i>Vilmar Roque Pereira</i>	
<i>Monike de Medeiros Costella</i>	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	134

INFLUENCIA DA DETERIORIZAÇÃO DAS TELHAS PELA AÇÃO DAS INTEMPÉRIES NO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO

Kellen Melo Dorileo Louzich

Universidade Federal de Mato grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
Cuiabá – Mato Grosso

Emeli Lalesca da Guarda

Universidade Federal de Mato grosso, Programa de Pós-graduação e Engenharia de Edificações e Ambiental
Cuiabá – Mato Grosso

Ivan Júlio Apolônio Callejas

Universidade Federal de Mato grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
Cuiabá – Mato Grosso

Luciane Cleonice Durante

Universidade Federal de Mato grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
Cuiabá – Mato Grosso

Karyna Andrade Carvalho Rosseti

Universidade Federal de Mato grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
Cuiabá – Mato Grosso

RESUMO: Ao longo do tempo, as telhas que compõem o sistema de cobertura vão sendo influenciadas pela ação da radiação ultravioleta e pelo acúmulo de sujeira e pó advindos da poluição urbana, sofrendo alteração em suas propriedades físicas de rugosidade e cor. Como consequência, os materiais se tornam mais escuros e rugosos, promovendo

alteração na sua absorvância. O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto proporcionado pelo envelhecimento das telhas cerâmicas (do tipo colonial) no desempenho térmico de uma edificação idealizada para conjuntos habitacionais de interesse social por meio de simulação computacional. A exposição a intempéries, além de efeitos estéticos, impactou negativamente na absorvância das telhas tendo em vista que as velhas ($a=0,83$) tiveram sua absorvância elevada em 27,7% em relação às novas ($a=0,60$). Além disso, a simulação computacional da edificação com os dados de absorvância das telhas novas e deterioradas indicou que houve alteração na classificação de desempenho térmico no dia típico de verão, de intermediário (I) ($T_{i,máx} - 2^{\circ} \leq T_{e,máx}$) para mínimo (M) ($T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$). O computo dos graus-horas anuais de resfriamento revelou que o processo de alteração da absorvância das telhas ocasionou piora no desempenho térmico, com elevação de 2,7% em relação à edificação com telha nova.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de cobertura. Graus-hora de resfriamento. Absorvância térmica.

ABSTRACT: Over time, the tiles that compose roofing system deteriorate by the action of ultraviolet radiation, by dust/ dirt accumulation and by urban pollution, which produce changes

in its roughness and color physical properties. As a result, roof materials become darker and rougher, changing its absorbance. The objective of this study is to evaluate the impact provided by the aging of ceramic tiles (the colonial type) in the building thermal performance of low income house by computer simulation. Exposure to weathering, in addition to aesthetic effects, had a negative impact since the absorptance of old tiles ($a = 0.83$) were reduced in 27.7% in relation of new tiles ($a = 0.60$). The measurements indicated that the new tiles ($a = 0.60$) had their absorptance elevated by the environment degradation ($a = 0.83$) in approximately 27.7%. The building computer simulation indicated that level of thermal performance was reduced in the typical summer day, decreasing from intermediate (I) ($T_i, \max - 2^\circ\text{C} \leq T_e, \max$) to minimum (M) ($T_i, \max \leq T_e, \max$). The annual cooling degree-hours were elevated by the deterioration of ceramic tile in 2.7% over the building with new tile.

KEYBOARDS: Building roof. Cooling degrees-hour. Thermal absorptance.

1 | INTRODUÇÃO

Para os seres humanos, a edificação exerce funções primordiais dentre as quais se destaca a de proteção contra as mudanças ambientais e intempéries, como sol, chuva, ventos, neve, entre outros. Dentre os sistemas que compõem a edificação, aquele que mais fica exposto e que deveria merecer mais atenção é o da cobertura.

Em áreas onde a incidência da radiação solar é intensa, a cobertura serve como forma de proteção dos ambientes internos e também é o principal componente nos ganhos de calor das edificações. Exceções acontecem em edificações que apresentam grandes áreas de fachadas expostas, onde o sistema de vedação também contribui de forma considerável.

Segundo Dornelles (2008), a absorptância é definida como a razão entre a energia que atinge uma superfície e a que é absorvida por ela. Esse valor varia de acordo com os materiais empregados em função de suas características físicas e influência diretamente na variação de temperatura experimentada por um corpo. Assim, quando se analisa o envoltório das edificações, essa grandeza pode ser utilizada como um indicador de ganhos/ perdas de energias nos ambientes internos de uma edificação.

A exposição direta da edificação ao meio externo, causa ao longo do tempo a deterioração das telhas presentes na cobertura, em virtude da poluição urbana, do acúmulo de sujeira/pó e da ação da radiação ultravioleta, desencadeando assim alteração das propriedades físicas de cor, rugosidade e da ondulação da superfície deste sistema construtivo. Em decorrência disso, constata-se que a absorptância dos componentes da cobertura sofrem alteração, podendo este parâmetro ser elevado ou diminuído, dependendo do tipo de degradação sofrida. A mudança dos níveis de absorptância impacta nos ganhos ou perdas de calor por meio da cobertura, alterando a temperatura interna da edificação e, desta forma, influenciando o conforto ambiental dos ambientes internos, bem como os gastos de energia para resfriamento/aquecimento artificial.

A alteração da absorvância está intimamente ligada à facilidade de aderência da sujeira sobre a superfície do componente, da sua capacidade de limpeza com a incidência de chuvas, bem como relacionada à sua rugosidade superficial, sendo este um fator responsável pelo acúmulo de sujeira sobre a superfície (DORNELLES e SICHIERI, 2014; SEKER e TAVIL, 1996). Estes aspectos demonstram a necessidade de se realizar manutenções periódicas no sistema de cobertura, por exemplo, realizando uma limpeza simples por meio, esfregamento, utilizando detergente ou alvejante, conforme sugerido por Akbari et al. (2005). Destaca-se que dependendo do tipo da manutenção aplicada, é possível restabelecer entre 90 e 100% de sua absorvância original (PEREIRA, 2014).

É importante mencionar que a manutenção das telhas reduz a sua rugosidade, sendo esta responsável pela inter-reflexão da radiação incidente sobre a superfície, o que aumenta a quantidade de energia radiante absorvida (RORIZ, 2007). A cor de uma superfície tem forte relação com a propriedade de absorvância, sendo que quanto mais clara for, menor será a sua absorvância.

Destaca-se que, o acúmulo de materiais sobre as superfícies e a proliferação de fungos e musgos devido a presença de umidade nos materiais, tendem a modificar a cor e a rugosidade e a ondulação da superfície dos elementos do sistema de cobertura, elevando a sua absorvância ao longo do tempo. Diante desta constatação, indaga-se qual possa ser o impacto ocasionado pela modificação desta propriedade no desempenho térmico de um edifício.

2 | OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o impacto ocasionado pelo envelhecimento das telhas cerâmicas (do tipo colonial) no desempenho térmico de uma tipologia arquitetônica idealizada para os conjuntos habitacionais de interesse social (HIS) do Programa Minha Casa por meio de simulação computacional, conforme os procedimentos da NBR 15575 (2013a) e RTQ-R (graus-hora) (BRASIL, 2010).

3 | MATERIAIS E MÉTODO

O trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira refere-se à medição da absorvância em exemplares de telhas novas e degradadas pela ação das intempéries. A segunda, refere-se a simulação realizada no programa EnergyPlus (DOE, 2016). Os valores médios encontrados para a absorvância das telhas, na primeira etapa, serviram de base para alterar a absorvância no infravermelho, no solar e no visível, nas propriedades do material das telhas utilizadas na simulação computacional.

3.1 Medição da Absortância

Foram selecionados cinco exemplares do modelo de telhas novas do tipo romana comumente encontradas no mercado (Figura 1) e de telhas romanas deterioradas pela ação das intempéries, que apresentavam em diferentes graus de degradação, com mais de 20 anos de uso, de forma a se obter uma representatividade do efeito da ação das intempéries (Figura 2).

Foram realizadas medições com o auxílio do aparelho denominado de *Alta Reflectance Spectrometer* fabricado por Vernier Software Technology (Figura 3). O aparelho possibilita a medição de refletancias correspondentes a radiações em onze diferentes comprimentos de onda entre 470 e 940nm (nanômetros), dos quais sete destes comprimentos de onda são na região visível: 470nm (Blue), 525nm (Cyan), 560nm (Green), 585nm (Yellow), 600nm (Orange), 645nm (Red), 700nm (Deep Red) e quatro se encontram na região do infravermelho: 735nm (IR1), 810nm (IR2), 880nm (IR3) e 940nm (IR4). A absorptância foi determinada a partir da refletância, subtraindo-se a unidade.



Figura 1 – Telhas cerâmicas novas

Fonte: Os Autores



Figura 2 – Telhas cerâmicas degradadas

Fonte: Os Autores

De acordo com Pereira et al. (2016), as curvas espectrais dos equipamentos ALTA II alcançaram uma boa aproximação com a curva e valores de referência obtidos com espectrofotômetro, considerando os onze comprimentos de onda do aparelho (470 a 940nm). Entretanto, ao se comparar a refletância solar total obtida por meio do mesmo equipamento, de 300 a 2500nm, observou-se uma incerteza máxima absoluta na ordem de 10% entre os aparelhos.



Figura 3 – Alta Reflectance Spectrometer

Fonte: <http://www.vernier.com/products/sensors/spectrometers/alta/>

3.2 Caracterização da edificação simulada computacionalmente

O modelo adotado para as simulações constitui-se de uma tipologia arquitetônica idealizada para os conjuntos habitacionais de interesse social (HIS) do Programa Minha Casa, Minha Vida, que já se encontra construída na região com Zona Bioclimática 7, sendo o seu modelo amplamente utilizado em várias regiões bioclimáticas brasileiras. Destaca-se que os procedimentos apresentados podem ser utilizados para simulação computacional em qualquer zona bioclimática brasileira, utilizando-se a ZB7 apenas como forma de exemplificação dos impactos ocasionados pela ação das intempéries.

O sistema construtivo é composto por paredes de tijolos cerâmicos de oito furos com dimensões de 9x19x19cm, assentados na menor dimensão (meia vez), revestidos com argamassa externa e interna de 2,5cm de espessura e com argamassa de assentamento de 1cm de espessura. O sistema de cobertura é composto por telhas cerâmicas do tipo romana, idênticas as utilizadas na avaliação da absorvância. O piso é de concreto desempenado, a cobertura de telha cerâmica em duas águas com forro de PVC, portas externas de aço e portas internas de madeira. As paredes têm acabamento externo no tom bege claro e as internas na cor branca. As janelas dos quartos e da sala não possuem vidro, somente venezianas. As janelas da cozinha são em vidro transparente, sem proteção solar específica. A implantação da residência afastada dos limites do terreno permite que haja aberturas em todas as laterais (Figura 4). A planta baixa e cortes da edificação que apresenta área construída igual a 38,70m² podem ser visualizados nas Figuras 5 e 6.

Como se objetiva comparar os sistemas de cobertura com diferentes tipos de componentes (telhas novas e degradadas), as propriedades físicas das absorvâncias medidas por meio do aparelho *Alta Reflectance Spectrometer* foram substituídas no programa de simulação (EnergyPlus), sendo que os demais elementos da envoltória (cobertura) foram modelados de forma idêntica em ambas as simulações computacionais.



Figura 4 – Foto da edificação utilizada na avaliação de desempenho térmico

Fonte: Os Autores

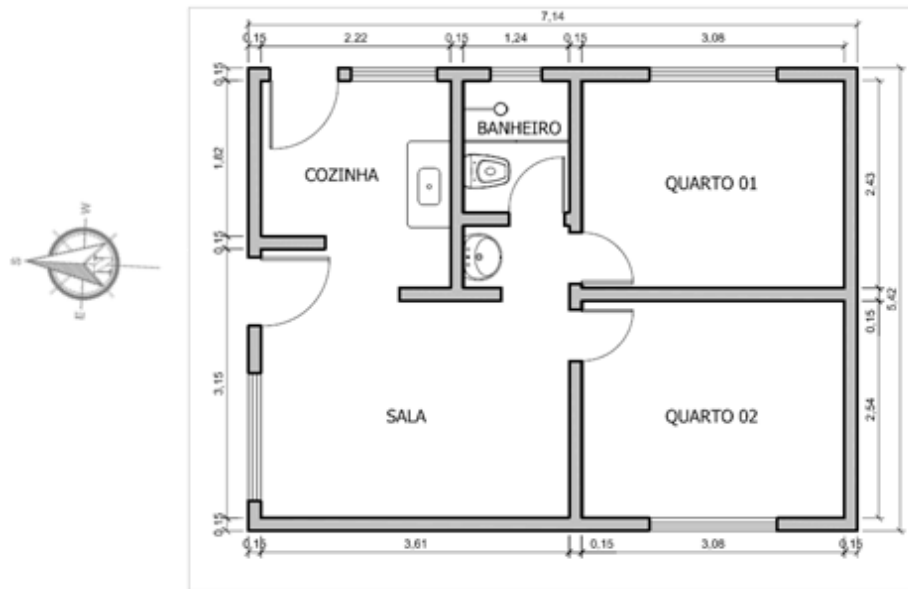


Figura 5 – Planta baixa da HIS (sem escala)

Fonte: Os Autores

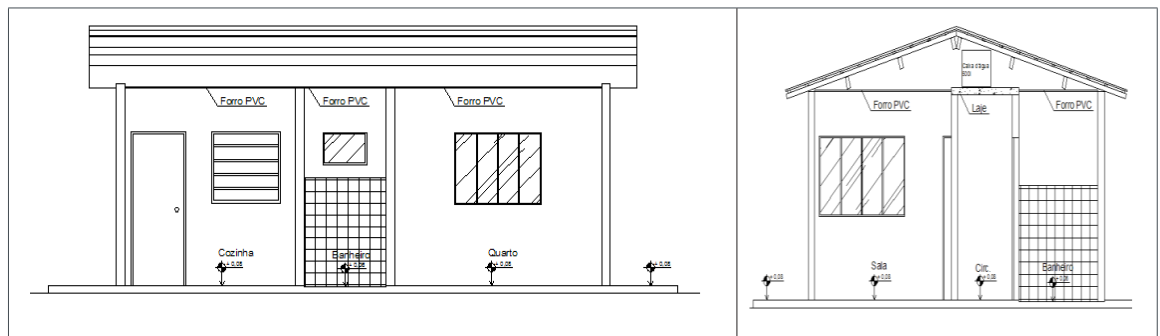


Figura 5 – Cortes da HIS (sem escala)

Fonte: Os Autores

3.3 Modelagem e Simulação

A avaliação do desempenho térmico da HIS com os diferentes tipos de telhas no sistema de cobertura foi realizada por meio de simulações computacionais com o programa EnergyPlus, utilizando-se de um banco de dados climático para a zona bioclimática 7 (Cuiabá-MT). Adotou-se para a simulação o ano típico de referência (TRY), arquivo climático obtido no site www.procelinfo.com.br/etiquetagem-edificios, conforme recomendação do Regulamento Técnico da Qualidade (BRASIL, 2010).

Na etapa de modelagem da HIS, utilizou-se o Plug-in OpenStudio para a edição e visualização em maquete eletrônica no programa SketchUp 8. Para o desenho em 3D, o programa considera os elementos de construção sem suas espessuras, as quais serão adicionadas, como informações numéricas para os cálculos, diretamente no EnergyPlus 8.1. A tipologia foi modelada conforme a planta-baixa apresentada na Figura 5, sendo que as superfícies que representam as paredes externas foram desenhadas nos limites externos, as que representam as paredes internas, no eixo da

parede de divisão entre os ambientes. Foram modeladas cinco zonas térmicas: quarto 1, quarto 2, banheiro, sala-cozinha e ático da cobertura, conforme critério estabelecido pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013a).

Para subsidiar as análises, determinaram-se as propriedades físicas e térmicas dos componentes da edificação, com painel de blocos cerâmicos revestidos externa e internamente, e sistema de cobertura em telha cerâmica, seguindo as orientações previstas nos procedimentos de cálculo estabelecidos pela NBR 15220-2 (ABNT, 2003) e NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) como mostra na Tabela 1 e 2.

Características inseridas	Cerâmica (Tijolo)	Cerâmica (Telha)	Argamassa	PVC
Rugosidade	Áspero	Áspero	Áspero	Liso
Espessura (m)	0,09	0,01	0,015	0,01
Condutividade (W/mK)	0,55	0,9	1,15	0,2
Densidade (Kg/m ³)	1600	1600	2000	1300
Calor Específico (J/kgK)	920	920	1000	960
Absorção térmica, solar e visível	0,85; 0,75; 0,75	Tabela 3	0,85; 0,3; 0,3	0,9; 0,2; 0,2

Tabela 1 – Características termofísicas dos materiais da edificação.

Fonte: Os Autores

Componentes	Composição	<i>a</i>	U (W/m ² .K)	Fator solar FSo = 4.U.a	Capacidade Térmica (kJ/ m ² .K)	Atraso térmico (,horas)
Parede – tinta látex PVA Fosca - cor marfim	Argamassa (2,5cm) + Tijolo (9x19x19cm) + Argamassa (2,5cm)	0,30	2,49	2,95	158	3,30h
Cobertura	Telha Cerâmica + ar (> 5cm) + PVC (1cm)	Conforme Tabela 4	1,75	5,25	21	0,52h
Piso	Radier concreto (10cm)	0,75	3,33	Não aplicável	240	Não aplicável

Tabela 2 – Transmitância térmica dos componentes da edificação.

Fonte: Os Autores

Para atender o critério da NBR 15575-Parte 4 (ABNT, 2013b), a absorvância à radiação solar das superfícies das paredes foi considerada na cor clara com $a = 0,3$, apesar de que a cor em que a edificação foi pintada (bege) já atendia essa condição.

Como a edificação foi implantada em várias orientações no condomínio, na simulação computacional da edificação seguiu-se o critério estabelecido na NBR 15575-Parte 1 (ABNT, 2013a) que indica que devem ser simulados os recintos de permanência prolongada (sala de estar e dormitórios) na orientação geográfica mais crítica do ponto de vista térmico, que para no verão a janela do cômodo fique voltada para oeste e a outra parede exposta fique voltada para norte, condição esta encontrada no quarto 1 da edificação.

Não foram considerados sombreamentos visto que a referida norma prescreve que as paredes e janelas devem estar totalmente desobstruídas.

Foi considerada na simulação a condição de ausência de ocupação, portas e janelas fechadas e ventilação natural padrão estabelecida para os ambientes (inclusive ático), ou seja, ocorrendo apenas pelas frestas com 1 taxa de renovação de ar por hora (1 ren/h).

Foram adotados os parâmetros de coeficiente de rugosidade do entorno (α), de coeficientes de pressão superficial (CP), de coeficiente de descarga (CD) e de coeficiente do fluxo de ar por frestas (CQ), indicados pelo RTQ-R (BRASIL, 2010), referentes a esta condição. As áreas de abertura das janelas atendem o requisito de percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso (A) deve ser superior a 5%.

3.4 Avaliação de desempenho térmico – NBR 15575 e RTQ-R

A verificação da adequabilidade da edificação ao clima da região (zona bioclimática 07) é passível de ser feita pelos procedimentos normativos da NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), bem como pelos procedimentos estabelecidos no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (BRASIL, 2010). Ambos serão adotados para avaliação do desempenho térmico da edificação pesquisada.

A avaliação da edificação habitacional, considerando o desempenho térmico, deve atender aos requisitos do usuário quanto à permanência nos ambientes. Assim, os critérios de avaliação para as condições de verão segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), considerando os níveis de desempenho mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S) são as apresentadas na tabela 3, em função da temperatura do ar interna (do ambiente) e da temperatura externa do ar (CBIC, 2013).

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	, máx ≤ máx	, máx ≤ máx
I	, máx ≤ (máx. – 2°C)	, máx ≤ (máx. – 1°C)
S	, máx ≤ (máx. – 4°C)	, máx ≤ (máx. -2°C) e , mín ≤ (mín. +1°C)

Sendo: M, I e S: Nível de desempenho Mínimo, Intermediário e Superior; Te, Máx e Ti, máx: Temperatura externa e interna máxima no dia típico de verão (°C)

Tabela 3 – Critérios de avaliação de desempenho térmico para a ZB07

Fonte: Os Autores

Já o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (BRASIL, 2010) estabelece que a análise do desempenho térmico seja feita através do cálculo de graus-hora de resfriamento de cada ambiente de permanência prolongada da edificação habitacional. Esse indicador

representa o somatório anual de graus-hora, calculado a partir da temperatura de base de 26°C para resfriamento conforme recomendação do próprio RTQ-R (BRASIL, 2010), sendo o cálculo realizado através da temperatura operativa do ambiente (obtida na simulação) quando esta encontra-se acima da temperatura de base conforme apresentado na Equação 1.

$$GH_R = \sum_{i=0}^{8760} \begin{cases} se\ Ti > 26; & (Ti - 26) \\ se\ Ti \leq 26; & (0) \end{cases} \quad (1)$$

Em que GHR representa graus-hora de resfriamento anual (°Ch) e Ti a temperatura operativa em cada uma das 8.760 horas do ano (°C). O quarto 1 em planta foi o ambiente escolhido na análise visto que este apresentou o pior desempenho térmico na edificação avaliada.

4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao se analisar a absorvância das telhas novas e deterioradas, observa-se ação das interpéries provocou elevação da absorvância em todos os comprimentos de onda pesquisados (Figura 6). As maiores elevações foram verificadas nos comprimentos de onda do laranja, vermelho, vermelho profundo e região do infravermelho (elevação média ~ 27%).

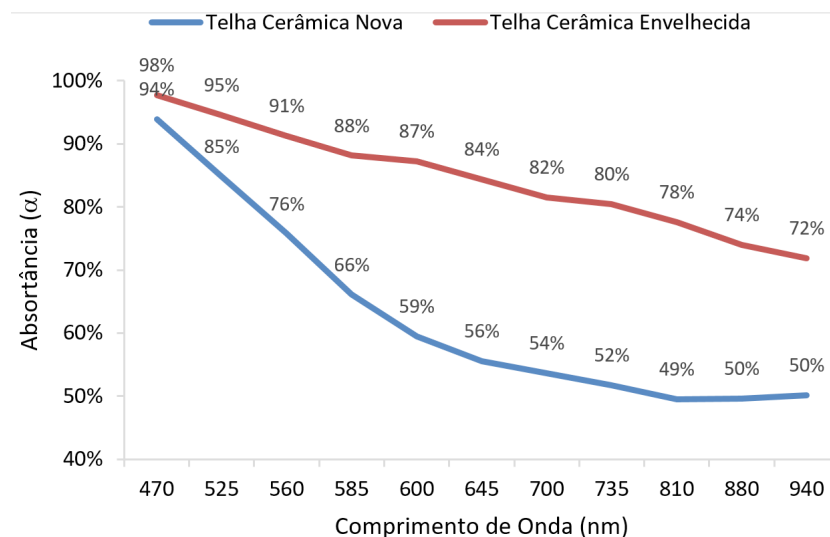


Figura 6 - Absorvâncias em porcentagens das Telhas Cerâmicas

Fonte: Os Autores

Os valores médios das absorvâncias foram determinados para a região do espectro solar, do visível e do infravermelho (Tabela 4). Assim como relatado anteriormente, constata-se que as telhas deterioradas pela ação das interpéries tiveram sua absorvância elevada em 27,7% pela modificação da sua cor, rugosidade e ondulação. Os resultados encontrados para as telhas cerâmicas novas estão de

acordo com os apresentados por Bonin e Pezzuto (2013) que encontram valores de absorvância variando entre 60 a 75%.

	Telha Cerâmica Nova	Telha Cerâmica Velha
Infravermelho (735-940nm)	0,50	0,76
Visível (470-700nm)	0,67	0,87
Total (solar) (470-940nm)	0,60	0,83

Tabela 4 - Valores médios das Absorvâncias das amostras das telhas cerâmicas.

Fonte: Os Autores

Os valores determinados para as absorvâncias foram introduzidas no programa de simulação computacional com intuito de captar o impacto ocasionado pela degradação das telhas pela ação das interpéries.

A variação de temperatura interna durante dia típico de verão indicou que a edificação com telha nova no sistema de cobertura apresenta melhor desempenho térmico durante todo o dia típico em relação a edificação com telha cerâmica envelhecida, apesar da diferença ser pequena (Figura 7). Os picos de temperatura do ar no quarto 1 na tipologia com telha nova e envelhecida foram de 35,4°C e 35,7°C, ocorrendo ambas às 18h, indicando que há um atraso térmico em relação ao pico da temperatura do ar externa de 4 horas. Logo, constata-se que a edificação com telha nova apresentou menor temperatura máxima interna do que a com telha envelhecida (~0,3°C). No dia típico de verão, as reduções da temperatura do ar interna em relação à temperatura externa foram de 2,1°C e 1,8°C nas edificações com telhas novas e envelhecidas respectivamente, indicando que, em virtude da deterioração das telhas, o desempenho da edificação que era intermediário (I) passou a ser mínimo (M) (Tabela 3).

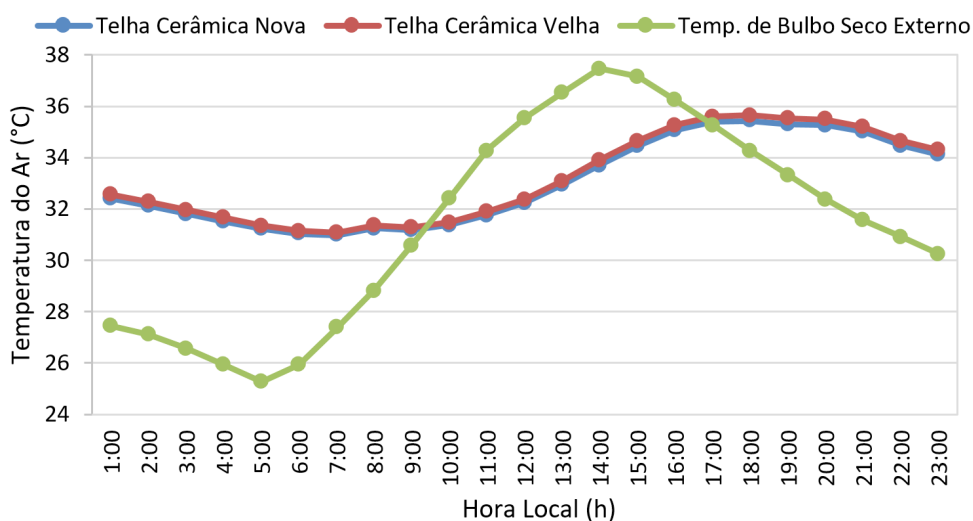


Figura 7 – Comportamento no dia típico de verão para a habitação

Fonte: Os Autores

O computo dos graus-horas de resfriamento indicou que, anualmente, a habitação com telha nova e envelhecida apresentou 42.433°Ch e 43.588°Ch, respectivamente (Figura 8), o que demonstra que a deteriorização da telha ocasiona piora no desempenho térmico de 2,7% em relação à edificação com telha nova.

Apesar de ser pequena a redução, esse comportamento implica em elevação no consumo de energia para refrigeração, caso os ambientes de permanência prolongada venham a ser condicionados. Os elevados valores de graus-horas de resfriamento anual decorrem do fato da edificação ter sido modelada conforme prescrição da NBR 15575 (ABNT, 2013c) que estabelece que a edificação seja simulada na condição de ausência de ocupação, portas e janelas fechadas e ventilação natural padrão estabelecida para os ambientes (inclusive ático), ocorrendo apenas pelas frestas com 1 taxa de renovação de ar por hora.

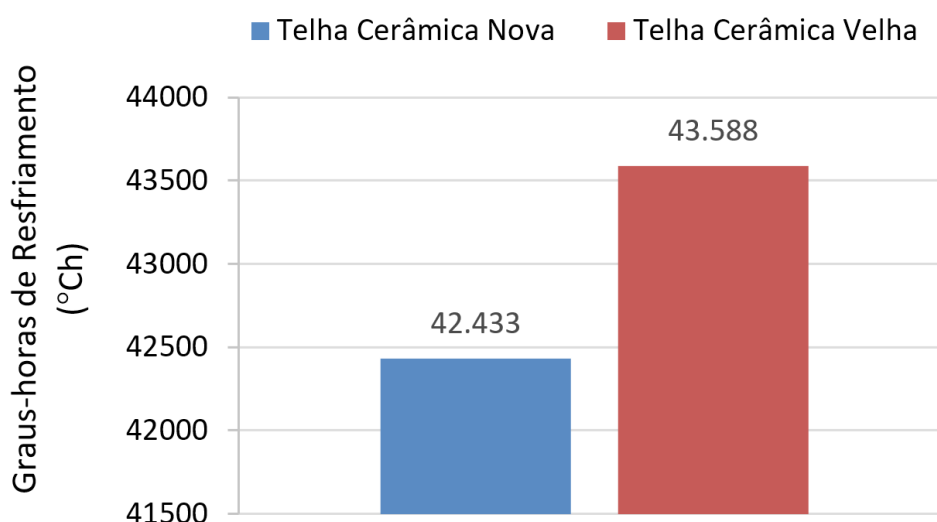


Figura 8 - Graus-horas de resfriamento anual

Fonte: Os Autores

5 | CONCLUSÕES

A análise a absorvância das telhas novas e deterioradas indicou que a ação das interpéries foi capaz de provocar elevação da absorvância em todos os comprimentos de onda pesquisados. Com resultado, tem-se a telha envelhecida apresentou elevação na absorvância total de 27,7% em virtude da modificação de sua cor, rugosidade e ondulação da superficial.

Em virtude deste fato, houve piora do desempenho térmico no dia típico de verão, fazendo com que o desempenho da edificação segundo a NBR 15575 que era intermediário (I) ($T_{i,máx} - 2^{\circ} \leq T_{e,máx}$) passasse a ser mínimo (M) ($T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$). O computo dos graus-horas de resfriamento indicaram que a deteriorização das telhas cerâmicas ocasionaram uma piora no desempenho térmico em termos de graus-horas de resfriamento de 2,7% em relação a edificação com telha nova.

Apesar da variação ser pequena, esse comportamento implica em elevação no

consumo de energia para refrigeração, caso os ambientes de permanência prolongada venham a ser condicionados. Por outro lado, a incerteza na medição é da ordem de 10%, o que implica em dizer que absorvância média da telha nova está compreendida entre 50 à 70%, enquanto o da telha envelhecida entre 73 à 93%. Considerando a hipótese de que a absorvância da telha nova seja 50% e a da telha deteriorada 93%, os efeitos da deterioração pela exposição às intempéries no desempenho térmico seriam mais elevados, o que justifica o aprofundamento de pesquisas sobre o tema.

REFERÊNCIAS

AKBARI, H. ; BERHE, A. A. ; LEVINSON, R. ; GRAVELINE, S. ; FOLEY, K. Aging and weathering of cool roofing membranes. **Report LBNL-58055**. Berkeley: Lawrence Berkeley. National Laboratory, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho Térmico de Edificações - Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013b.

_____. **NBR 15575-5**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013c.

BONIN, T. PEZZUTO, C. C. **Medição da refletância e análise de sua influência nos materiais de cobertura**. Anais do XVIII Encontro de Iniciação Científica e Anais do III Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovador, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, 2013.

BRASIL, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), **Portaria 449, de 25 de Novembro de 2010**, Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, Rio de Janeiro, 2010, Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC_001462.pdf> Acesso em: 03 Ago, 2015.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

DOE. United States Department of Energy. Disponível em: <<http://www.energy.gov/>> Acesso em: maio 2016.

DORNELLES, K. A. **Absorvância solar de superfícies opacas: Métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 160 f. Tese (Doutorado em engenharia civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Construção, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.

DORNELLES, K. A ; SICHIERI, E. Efeitos do intemperismo natural sobre a refletância de tintas brancas para coberturas. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2014, Maceio. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2014. p. 1004-1013.

PEREIRA, C. D. **Influência da refletância e da emitância de superfícies externas no desempenho**

térmico de edificações. 2014. 185 f. Tese (Doutorado em engenharia civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.

PEREIRA, C. D.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S.; GHISI, E. **Relatório de avaliação do espectrômetro portátil ALTA II.** Relatório de Pesquisa, CB3E, 2015. Disponível: <http://www.cb3e.ufsc.br/publicacoes> Acesso em: junho 2016.

RORIZ, V. F. **Refrigeração evaporativa por aspersão em telhas de fibrocimento:** estudo teórico e experimental. 2007. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2007.

SEKER, D. Z.; TAVIL, A. Ü. Evaluation of exterior building surface roughness degrees by photogrammetric methods. **Building and Environment**, v. 31, n. 4, p. 393-398, 1996.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-41-3

